

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE ORGANIZACION DEPORTIVA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



CALCULO DE CONSUMO DE OXIGENO MAXIMO A TRAVES DE LAS VARIABLES: EDAD, PESO Y  
PORCENTAJE DE MASA GRASA CORPORAL EN DEPORTISTAS MASCULINOS DE 10  
A 74 AÑOS DE EDAD, DETERMINADO EN BICICLETA ERGOMETRICA Y BANDA SINFIN

TESIS PROFESIONAL  
PARA OBTENER TITULO DE MASTER EN CIENCIAS EN LA  
ESPECIALIDAD DE ALTO RENDIMIENTO

PRESENTA:  
DRA. JUANA AMINTA ALMAZAN SOSA

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEON, SEPTIEMBRE DE 2009



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE ORGANIZACION DEPORTIVA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



CALCULO DE CONSUMO DE OXIGENO MAXIMO A TRAVES DE LAS VARIABLES: EDAD, PESO Y  
PORCENTAJE DE MASA GRASA CORPORAL EN DEPORTISTAS MASCULINOS DE 10  
A 74 AÑOS DE EDAD, DETERMINADO EN BICICLETA ERGOMETRICA Y BANDA SINFIN

TESIS PROFESIONAL  
PARA OBTENER TITULO DE MASTER EN CIENCIAS EN LA  
ESPECIALIDAD DE ALTO RENDIMIENTO

PRESENTA:  
DRA. JUANA AMINTA ALMAZAN SOSA

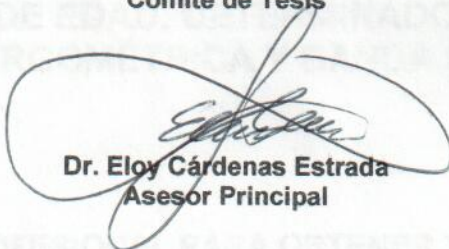
SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEON, SEPTIEMBRE DE 2009



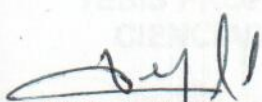
**Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Organización Deportiva  
Área de estudios de Posgrado**

Los miembros del comité de Tesis del Área de Estudios de Posgrado de la Facultad de Organización Deportiva, recomendamos que la tesis **CÁLCULO DE CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO A TRAVÉS DE LAS VARIABLES: EDAD, PESO Y PORCENTAJE DE MASA GRASA CORPORAL EN DEPORTISTAS MASCULINOS DE 10 A 74 AÑOS DE EDAD, DETERMINADO EN BICICLETA ERGOMÉTRICA Y BANDA SINFIN** realizada por la Dra. Juana Aminta Almazán Sosa con número de matrícula 0495798 sea aceptada para su defensa con opción al grado de **MAESTRO EN CIENCIAS DEL EJERCICIO** con especialidad en Deporte de Alto Rendimiento.

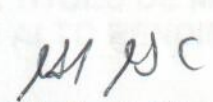
**Comité de Tesis**



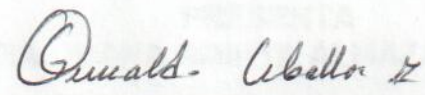
**Dr. Eloy Cárdenas Estrada**  
Asesor Principal



**Biólogo Cipriano Martínez Martínez**  
Co-asesor



**Dr. Gerardo García Cárdenas**  
Co-asesor



**Dr. Oswaldo Ceballos Gurrola**  
Subdirector del área de estudios de posgrado e Investigación

San Nicolás de los Garza Nuevo León, Mayo 2010



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**CALCULO DE CONSUMO DE OXIGENO MÁXIMO A TRAVES DE  
LAS VARIABLES: EDAD, PESO Y PORCENTAJE DE MASA  
GRASA CORPORAL EN DEPORTISTAS MASCULINOS DE 10 A  
74 AÑOS DE EDAD, DETERMINADO EN BICICLETA  
ERGOMÉTRICA Y BANDA SINFIN.**

**TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER TITULO DE MASTER EN  
CIENCIAS EN LA ESPECIALIDAD DE ALTO RENDIMIENTO.**

**PRESENTA  
DRA. JUANA AMINTA ALMAZÁN SOSA**

**SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN, SEPTIEMBRE DE 2009**



## DEDICATORIA

### **A DIOS.**

Gracias por haberme ayudado a cumplir uno de mis propósitos en la vida.

### **A MI ESPOSO**

Gracias por tu amor y comprensión.

### **A MIS HIJOS**

Pequeños, gracias por existir.



# AGRADECIMIENTOS

Para la elaboración de la presente investigación se requirió de un gran apoyo de diferentes personas e instituciones, lo cual se hizo desinteresadamente por ello haré un reconocimiento de su valiosa colaboración.

- A la **Universidad Autónoma de Nuevo León** por haber permitido realizar mi formación académica.

- A la **Facultad de Organización Deportiva** por permitirme la realización de la Maestría.

- A mi **Asesor Principal Dr. med. Eloy Cárdenas Estrada**, gracias por compartir su valiosa experiencia y conocimientos sin restricciones.

- A mis **coasesores** Biólogo Cipriano Martínez Martínez y Dr. Gerardo García Cárdenas por su valiosa colaboración.

- A mis **compañeros de la maestría** de alto rendimiento por su amistad.

- Al **todo el personal de la Facultad de Organización Deportiva** tanto docente como administrativo por su amistad, apoyo y colaboración.



## INDICE

CONTENIDO	PAGINA
RESUMEN .....	1
 CAPITULO I.	
1.1 INTRODUCCION.....	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	17
1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	17
1.5 HIPOTESIS .....	18
 CAPITULO II	
2.1 JUSTIFICACION.....	19
2.1.1 PERTINENCIA.....	19
2.1.2 RELEVANCIA.....	20
2.1.3 ORIGINALIDAD.....	21
2.1.4 FACTIBILIDAD .....	21
2.1.5 IMPACTO.....	21
 CAPITULO III	
3.1 METODOLOGIA.....	22
3.2 UBICACIÓN DEL TRABAJO.....	22
3.3 DEFINICION DE LA MUESTRA.....	22
3.4 CRITERIOS DE INCLUSION.....	22
3.5 CRITERIOS DE EXCLUSION.....	23
3.6 CRITERIOS DE ELIMINACION.....	23
3.7 SUJETOS DE ESTUDIO Y MATERIAL UTILIZADO.....	23
3.8 DESCRIPCION DE EXPERIMENTO A REALIZAR.....	24
3.9 DESCRIPCION DE METODOS ESTADISTICOS.....	25
3.10 PROCEDIMIENTO GENERAL.....	25
3.11 CAPTURA DE DATOS .....	28
 CAPITULO IV	
4.1 RESULTADOS.....	29



## CAPITULO V

5.1 DISCUSION.....	42
5.2 CONCLUSIONES .....	47
5.3 RECOMENDACIONES .....	48
6.0BIBLIOGRAFÍA.....	49

Tabla 1.- Tamaño del grupo en estudio, media, desviación estándar de edad, peso, estatura y porcentaje de Grupos en Dificultad Ergonomica..... 30

Tabla 2.- Tamaño del grupo en estudio, media, desviación estándar de edad, peso, estatura y porcentaje de Grupos en Dificultad Ergonomica..... 30

Tabla 3.- Tamaño del grupo en estudio, media, desviación estándar de edad, peso, estatura y porcentaje de Grupos en Dificultad Ergonomica..... 31

Tabla 4.- Tamaño del grupo en estudio, media, desviación estándar de VO2 Max, VO2 Relativo, watt/kg, en Dificultad Ergonomica..... 31

Tabla 5.- Tamaño del grupo en estudio, media, desviación estándar de VO2 Max, VO2 Relativo, watt/kg, en Dificultad Ergonomica..... 31

Tabla 6.- Tamaño del grupo en estudio, media, desviación estándar de VO2 Max, VO2 Relativo, watt/kg, en Dificultad Ergonomica..... 31

Tabla 7.- Coeficiente de Correlación Simple en Dificultad Ergonomica..... 32

Tabla 8.- Coeficiente de Correlación Múltiple en Dificultad Ergonomica..... 32

## INDICE DE GRAFICAS

## PAGINA

### INDICE DE TABLAS

### PAGINA

Tabla 1.- Tamaño del grupo en estudio, media, desviación estándar de edad, peso, estatura y porcentaje de Grasa en Bicicleta Ergométrica.....	30
Tabla 2.- Tamaño del grupo en estudio, media, desviación Estándar de edad, peso, estatura y porcentaje de Grasa en Banda Sinfin .....	30
Tabla 3.- Tamaño del grupo en estudio, media, desviación Estándar en ambos Grupos de edad, peso, estatura y % de Grasa .....	31
Tabla 4.- Tamaño del grupo en estudio, media, desviación Estándar De VO2 Máx,VO2 Relativo, watts/Kg. en Bicicleta Ergométrica .....	31
Tabla 5.- Tamaño del grupo en estudio, media, desviación Estándar De VO2 Máx,VO2 Relativo, watts/Kg. en Banda Sinfin.....	31
Tabla 6.- Tamaño del grupo en estudio, media, desviación Estándar De VO2 Máx,VO2 Relativo, watts/Kg. en Ambos Grupos .....	31
Tabla 7 Coeficiente de Correlación Múltiple en Banda Sinfin.....	32
Tabla 8 Coeficiente de Correlación Múltiple en Bicicleta.....	32



## INDICE DE GRAFICAS

## PAGINA

Grafica 1.- Representación del promedio y desviación estándar de la variable edad, en los grupo 1 y 2.....	33
Grafica 2.- Representación del promedio y desviación estándar de la variable peso en los grupo 1 y 2.....	33
Grafica 3.- Representación del promedio y desviación estándar de la variable porcentaje de masa grasa en los grupo 1 y 2.....	34
Grafica 4.- Representación del promedio y desviación estándar de la variable VO2 máximo en los grupo 1 y 2.....	34
Grafica 5.- Representación del promedio y desviación estándar de la variable VO2 relativo en los grupo 1 y 2.....	35
Grafica 6.- Representación del promedio y desviación estándar de la variable Watts/Kg. en los grupo 1 y 2.....	35
Grafica 7.- Representación del promedio y desviación estándar de la variable en los grupo 1 y 2.....	37

## RESUMEN

El Consumo de Oxígeno Máximo, absoluto o relativo al peso corporal ( $VO_2/Kg.$ ), es el parámetro relacionado con la capacidad general aeróbica y es de gran importancia en el Diagnóstico del Estado de Entrenamiento tanto en los deportistas como en sedentarios. Se puede determinar directamente con un ergo- espirómetro o indirectamente al calcular a través de la potencia en diferentes tipos de ergómetros ó por medio de la velocidad en la banda sin-fin. Se han propuesto también diversos métodos para el cálculo de este parámetro sin efectuar una ergometría, esto es, mediante pruebas de campo que incluyen variables como tiempo de carrera, distancia en tiempo determinado.

El objetivo de la presente investigación es determinar la correlación entre el  $VO_2/Kg.$  máximo, calculado de una ergometría y variables antropométricas.

El estudio se realizó en una muestra de 157 personas del género masculino a quienes se les llevó a cabo una evaluación morfofuncional consistente en determinación de peso corporal (PC) en Kilogramos (Kg.), cálculo de porcentaje de masa grasa a través de plicometría (PMG) así como una ergometría tipo vita-máxima sobre ciclo- ergómetro o banda sin fin. De los resultados de la potencia máxima sobre el ciclo-ergómetro y de la velocidad máxima alcanzada sobre la banda sin-fin, se llevó a cabo el cálculo del consumo máximo de oxígeno, relativo al peso corporal ( $VO_2/Kg.$ ).

Por interrogatorio directo se obtuvo la fecha de nacimiento y se calculó la edad (ED) en años y décimas de año. Se efectuaron Correlaciones lineales múltiples y se calcularon las regresiones correspondientes siguiendo los modelos  $Y = A + B_1X_1, B_2X_2...$ , tomando (Y) como  $VO_2/Kg.$

En los resultados se observó que al utilizar 2 variables: ( $X_1$ ) = Porcentaje de Masa Grasa y ( $X_2$ ) = Edad se obtuvo un Coeficiente de Correlación Múltiple: R



= 0.831;  $R^2 = 0.691$ ; Coeficientes de Regresión:  $(VO_2/Kg.) = 68.007 + (PMG * -0.834) + (ED * -0.306)$ . Utilizando como variables  $(X1) =$  Porcentaje de Masa Grasa y  $(X2) =$  Peso corporal se obtuvo un Coeficiente de Correlación Múltiple:  $R = 0.774$ ;  $R^2 = 0.599$ ; Coeficientes de Regresión:  $(VO_2/Kg.) = 72.354 + (PMG * -1.067) + (PC * -0.107)$ . Todos los coeficientes descritos son estadísticamente significantes

Se concluye al haber cumplido el objetivo de la investigación y dar a conocer la regresión de las correlaciones múltiples descritas así como la recomendación de utilizar las fórmulas presentadas a fin de calcular el  $VO_2/Kg.$  Máximo. La utilización de la variable Edad, en vez de Peso Corporal, aumenta en forma considerable el Coeficiente de Correlación, disminuyendo la Varianza de la Regresión al calcular el  $VO_2/Kg.$  Máximo.

# **CAPÍTULO I**

## **1.1 INTRODUCCION**

El cuerpo es la casa en la que habitamos todos los días; es un vehículo o el instrumento a través del cual conocemos el mundo y aprendemos la experiencia de la vida. Es nuestro recurso básico, nuestra mejor herramienta, al punto que podríamos afirmar que el cuerpo es "el apoyo sensorial, cognitivo, kinestésico y espiritual para nuestra existencia".

Los griegos y los romanos nos enseñaron que no puede haber mente sana si no hay cuerpo sano, por tal motivo observamos que es necesario dedicar una parte de nuestra energía a algún deporte y no convertirlo en competencia sino establecerlo para poder superarnos.

Con nuestro cuerpo podemos manifestar sentimientos a través del arte, como el teatro, la danza y observamos que constantemente se tienen que depurar nuestras formas de expresión. Se recurre al cuerpo para curar bloqueos personales, traumas de la infancia y diversas enfermedades así como aliviar tensiones o aligerar las consecuencias de accidentes y atender al cuerpo en estados de salud a fin de preservarla de manera más permanente y estable.

### **El oxígeno como elemento y su bioimportancia**

La concentración de oxígeno en la atmósfera de la Tierra actualmente es un producto de la evolución de un balance bioquímico biofisiológico entre los animales, quienes consumen el oxígeno, y las plantas que lo generan por medio de la fotosíntesis. La atmósfera en los tiempos del origen de la vida, era notablemente reductora y carente de oxígeno, pues de haber existido



éste, las primeras moléculas habrían sido destruidas por oxidación.

La incorporación del oxígeno al medio fue lenta y progresiva; y esto facilitó el desarrollo de la vida. Así, los organismos vivos pasaron de una respiración anaerobia a una aerobia que permitió la síntesis de mayor número de moléculas de ATP; sin esta energía no hay vida orgánica, vegetal, animal, ni humana. El solo hecho de estar vivo condiciona determinadas necesidades de energía (ergosia) que son característicos de la etapa del ciclo vital de que se trate, y de no ser satisfechas debidamente, terminan incrementando el riesgo de enfermar en un lapso más o menos largo.

El sostén alimentario del estado nutricional es una parte inseparable de la vida, de su duración y calidad. Como la enfermedad en general aumenta los requerimientos metabólicos, la alimentación adecuada se torna un factor indispensable de todo procedimiento terapéutico. La acción efectiva sobre una insuficiencia de oxígeno, ya desarrollada o su prevención, debe ser una constante alerta para el médico actual, con el objetivo de modificar favorablemente el curso de un sinnúmero de enfermedades; y en este sentido el papel de la oxigenación hiperbárica (OHB) debe ser considerado.

Por lo que podemos concluir que el oxígeno es un elemento vital y en algunos casos es considerado como un nutriente; analizando las siguientes preguntas podemos comprender el porqué del dilema:

¿Qué tiempo puede estar una persona sin:

- Comer? ... semanas.
- Beber agua? ... días.
- Respirar? ... sólo escasos minutos.

La Tierra se formó hace aproximadamente 4,530 millones de años; se cree que



durante los primeros 1,500 millones de años se formaron compuestos orgánicos a partir de componentes atmosféricos tales como el hidrógeno, amoníaco, agua y metano; bajo la activación producida por la luz ultravioleta solar, por descargas eléctricas, por ondas de choque, por el calor y otras formas de energía. La concentración de oxígeno en la atmósfera de la Tierra actualmente es un producto de la evolución de un balance bioquímico biofisiológico entre los animales, quienes consumen el oxígeno, y las plantas que lo generan por medio de la fotosíntesis.

Lo más probable es que la atmósfera en estos tiempos del origen de la vida, fuera aún notablemente reductora y carente de oxígeno; ya que de haber existido este, las primeras moléculas habrían sido destruidas por oxidación. Este elemento no hizo su aparición hasta mucho más tarde, principalmente como producto de la fotosíntesis de plantas acuáticas, de la descomposición del agua por la acción del sol y de su producción en el interior de la Tierra y su evaporación; de forma lenta y progresiva se fue transformando en una atmósfera rica en oxígeno hasta llegar a los valores actuales, el 21% de la composición del aire atmosférico. Ello facilitó el desarrollo de la vida por 3 razones:

1. Creación de la capa de ozono, que se encuentra a una altura de 10 a 20 kilómetros y evita que las radiaciones ultravioletas solares caigan directamente sobre la Tierra y destruyan la vida en ella.
2. Desarrollo de mecanismos biológicos-enzimáticos de autodefensa de la célula contra la oxidación (superóxido dismutasas, catalasas, peroxidasas, citocromoxidasas).
3. Utilización del oxígeno por la célula para su respiración, producción de energía o ergosia (ATP); lo que constituyó una ventaja, ya que se pudieron degradar completamente los componentes orgánicos y disponer de una mayor riqueza bioenergética.



Así, los organismos vivos pasaron de una respiración anaerobia (fermentación o glucólisis: 2 ATP por molécula de glucosa) a una aerobia que permite la síntesis de un mayor número de moléculas de ATP (38 por molécula de glucosa). Sin esta energía no hay vida orgánica, ni vegetal, ni animal, ni humana. Actualmente el oxígeno es el elemento más abundante de la composición de la Tierra con el 27,7 %: de cada 5 moléculas de gas atmosférico, 1 es de oxígeno. El oxígeno como elemento químico fue descubierto por Priestley, en 1775;<sup>2</sup> tiene una masa atómica de 16, masa molecular de 32. El símbolo químico es O. Por ser una molécula diatómica se representa O<sub>2</sub>.

Es insípido, inodoro, incoloro en estado gaseoso y azul claro en estado líquido, lo cual se logra a -183 grados centígrados (punto de ebullición). Posee un alto poder de combinación química, excepto con los gases nobles.<sup>3</sup> Su uso en medicina fue descrito por primera vez por Beddoes, en 1796. <sup>4</sup> Tiene propiedades tóxicas cuando se respira a presiones superiores a las 3 ATA (intoxicación aguda o neurológica) descrita por Paul Bert, en 1878;<sup>5</sup> o cuando se prolonga a su exposición en una atmósfera de oxígeno puro (intoxicación crónica o pulmonar) descrita por Lorrain Smith, en 1899.

Por tanto, el oxígeno, de enemigo fundamentalmente de los organismos anaerobios, pasó a ser necesario e imprescindible para los aerobios y por ende para el desarrollo del hombre; y se convirtió en un elemento vital. "La lucha por mantener la vida orgánica es una guerra por la energía libre" planteó Gibbs, creador de la termodinámica.

El solo hecho de estar vivo condiciona determinadas necesidades de energía (ergosia) que son características de la etapa del ciclo vital de que se trate, de no ser satisfechas debidamente, terminan incrementando el riesgo de enfermar en un lapso más o menos largo.

Para abastecer y mantener el metabolismo (ergosis), la función biológica más



importante de los seres vivos, se necesita el aporte, regular y sistemático, de un conjunto de sustancias químicas conocidas con el nombre de nutrientes, nutrimentos o substratos, contenidos en los distintos tipos de alimentos que conforman la dieta, además de un conjunto de enzimas y el indispensable oxígeno. Estas sustancias generalmente son almacenadas en el organismo, por lo que se cuenta con cierta reserva, excepto el oxígeno, que se consume constantemente, de ahí su carácter vital.

Como la vida representa un trabajo constante de todas las células del organismo, se requiere de una hidrólisis constante de millones de moléculas de ATP, y la ruptura de estas mismas moléculas de ATP, demandan una formación constante de ellas. El sostén alimentario del estado nutricional es una parte inseparable de la vida, de su duración y calidad. Las moléculas de ATP se forman al final de las sendas metabólicas, en estas sendas son oxidados los nutrientes principales: grasas, carbohidratos y proteínas en presencia de un conjunto enzimático conocido como citocromoxidas. Cualquier déficit en estos elementos puede conducir a una insuficiencia bioenergética o hipoergosis. La insuficiencia bioenergética puede clasificarse en:

- Hipoergosis desasimilativa. Alteración en el desprendimiento de la energía acumulada en las moléculas de sustancias alimenticias.
- Hipoergosis substractiva: no es suficiente la entrada de substratos a la mitocondria.
- Hipoergosis hipóxica: disminución de la entrada de oxígeno a la mitocondria.
- Hipoergosis enzimática: disminución de la actividad de los fermentos del ciclo de Krebs y de la cadena respiratoria mitocondrial (citocromoxidasas).
- Hipoergosis acumulativa. Alteración en la acumulación de energía que es liberada por las moléculas de sustancias alimenticias en los enlaces macroérgicos del ATP.



- Hipoergosis subtractiva: Resulta de la insuficiencia de substratos de fosforilación en la mitocondria.
- Hipoergosis desacoplada: desacople de los procesos de oxidación y fosforilación.
- Hipoergosis enzimática: Resulta de la disminución de la actividad de la enzima ATP-asa.
- Hipoergosis de utilización. Alteración en el aprovechamiento de la energía acumulada en forma de ATP.
- Hipoergosis transmitocondrial: Por trastornos en la transportación intramolecular del ATP desde la mitocondria, donde se sintetiza, hasta los organelos, donde se utiliza.
- Hipoergosis destructiva: Resulta de la desintegración de las estructuras celulares y de los fermentos contenidos en ellas.
- Hipoergosis enzimática: Disminución de la actividad de la ATP-asa; Alteración en la hidrólisis del ATP ( $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}$ ).

Como la enfermedad, en general, aumenta los requerimientos metabólicos, es decir, la necesidad de energía, la alimentación adecuada se torna un factor indispensable de todo procedimiento terapéutico. El diseño de un apoyo nutricional apropiado pone a prueba el conocimiento y el real ingenio del médico y de los restantes profesionales del equipo de salud.

La acción efectiva sobre una insuficiencia de oxígeno, ya desarrollada o su prevención, debe ser una constante alerta para el médico actual, con el objetivo de modificar favorablemente el curso de un sinnúmero de enfermedades; y en este sentido el papel de la oxigenación hiperbárica (OHB), respiración de oxígeno a presiones superiores a la atmosférica, debe ser considerado.

El origen y desarrollo de la OHB se encuentra estrechamente vinculado con los métodos de compresión y descompresión (efectos físicos sobre los gases) que forman parte del arsenal terapéutico de la Medicina Subacuática; como



disciplina médica está contemplada dentro de la Medicina Hiperbárica y se fundamenta en las leyes de los gases y los principios de la Fisiología Ecológica o de Ambientes Especiales.

La cantidad de oxígeno disuelto es proporcional a su presión parcial (Ley de Henry), lo que hace que en ciertas situaciones resulte conveniente respirar oxígeno a presiones superiores a la presión atmosférica para aumentar la PO<sub>2</sub> arterial y de esta forma incrementar el transporte de oxígeno disuelto en la sangre. Con los métodos habituales de oxigenoterapia las posibilidades en este sentido son limitadas, ya que la capacidad de la hemoglobina y la solubilidad del oxígeno en condiciones normales es finita y puede variar muy poco (97% de saturación de la hemoglobina y 3% disuelto). Sólo el empleo de las cámaras hiperbáricas hace posible que el plasma se convierta en un transportador activo del oxígeno, lo que trae como consecuencia un incremento significativo de este en el organismo (hiperoxia).

La hiperoxia que se alcanza con la OHB está determinada por la dosis empleada.

La dosis máxima es: 3 ATA de presión, con una exposición de 90 minutos y una frecuencia de 3 sesiones en 24 horas. Esto produce en el organismo:

- Aumento de la presión de oxígeno del aire alveolar a 2173 mmHg.
- Aumento de la presión parcial de oxígeno arterial a 1800 mmHg.
- Aumento de la presión parcial de oxígeno venoso a 200 mmHg.
- Aumento del oxígeno disuelto hasta 6,6 Vol. / %.

O sea, aproximadamente 20 veces más que en condiciones normales.

Lo más común es emplear 2 ATA, con un tiempo de isopresión de 50 minutos y una sesión diaria; pueden darse ciclos hasta de 30 sesiones consecutivas y



repetir estos según la evolución del paciente, tratando de que haya días de descanso para evitar la adaptabilidad del organismo y lograr el estímulo necesario para desencadenar efectos positivos sobre el organismo, como:

- La oxidación, proceso en el cual se consume aproximadamente el 80 % del oxígeno que respiramos, se lleva a cabo a nivel mitocondrial y su objetivo es la producción de energía (ATP) por las células, este efecto es puramente antihipóxico, fue el primero de los descritos y justificó el uso de la OHB en los estados de hipoxia por déficit de oxígeno.
- La oxigenación, acción directa del oxígeno en la síntesis y degradación de compuestos, tales como aminas biógenas, catecolaminas, histaminas, xenobióticos, etc. lo que favorece su formación o degradación, según el caso; o actúa en los procesos reparativos, al estimular los fibroblastos y el colágeno, la osteogénesis y la neovascularización.

La participación de las especies reactivas del oxígeno (ERO) en los procesos de defensa del organismo y como estímulo de mecanismos biológicos antioxidantes que los regulan dentro de ciertos límites, evitando el estrés oxidativo.

### **El Consumo de Oxígeno**

El Consumo de Oxígeno ( $VO_2$ ), es un parámetro fisiológico que expresa la cantidad de oxígeno que consume o utiliza el organismo. Este parámetro aumenta en forma lineal a la intensidad del ejercicio.

La medición directa o la estimación de éste parámetro nos permite cuantificar de alguna forma el metabolismo energético, ya que el oxígeno se utiliza como



comburente en las combustiones que tienen lugar a nivel celular y que permiten la transformación de la energía química (hidratos de carbono, lípidos y proteínas) en energía mecánica (contracción muscular).

El oxígeno que consume una persona en situación de reposo absoluto, nos indica el denominado metabolismo basal, que se ha calculado que corresponde aproximadamente a 3.5 ml/kg./min. Este es el valor que equivale a un MET ó unidad metabólica y refleja el gasto energético que necesita un organismo para mantener sus capacidades vitales básicas. A medida que se introduce el oxígeno, procedente del aire atmosférico hasta llegar al interior de la mitocondria, donde se reduce y se une a los hidrogeniones para formar agua, que es la forma en la que el oxígeno utilizado se elimina del organismo.

El consumo de dicho elemento dependerá de diversos factores, los cuales intervienen en el recorrido (obtención, trasportación, entre otros) que han de seguir las moléculas de oxígeno, tales como la presión arterial. La concentración de hemoglobina en la sangre circulante y contenido arterial de oxígeno, el gasto cardiaco, la distribución de la circulación sanguínea, la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno, entre otras; incluyendo además factores epidemiológicos y de hábitos, tales como la edad, el género, el peso, el grado de entrenamiento o acondicionamiento físico y de manera muy importante la genética.

El ejercicio físico beneficia los diferentes aparatos y sistemas del organismo como el Aparato Cardiovascular, Aparato Respiratorio, Sistema Músculo-esquelético y Sistema Endocrino entre otros, obtenemos estos beneficios cuando realizamos ejercicio en forma regular, adecuada y dosificada ya que cabe señalar que la prescripción del ejercicio toma un rol importante para individuos sanos a los cuales les interesa tener una mayor cantidad y calidad de vida, así como para los pacientes que requieren de un tratamiento integral.



El presente estudio pretende abordar de una forma más simple el cálculo del consumo máximo de oxígeno en una población determinada debido a la necesidad de realizar ejercicio físico en forma dosificada a cada individuo.

En la actualidad, tanto en gente no entrenada, que acude a los gimnasios ó realiza actividad de forma libre, como en deportistas de alto rendimiento, podemos encontrar a quienes no tienen un conocimiento de un programa básico dosificado de acuerdo a sus capacidades físicas.

Con la utilización de ciertas variables, que podemos obtener en un consultorio así como un interrogatorio adecuado sobre los diferentes aparatos y sistemas, se puede llegar a determinar el Consumo Máximo de Oxígeno y emplear este en la dosificación de cargas de trabajo.

Se ha observado que hay una relación inversamente proporcional: a mayor porcentaje de masa grasa menor cantidad de Consumo de Oxígeno Máximo ( $VO_{2max}$ ). La relación entre Consumo de Oxígeno y Frecuencia Cardiaca. Nos da un parámetro para poder predecir, en forma científica, la capacidad cardiorrespiratoria de un individuo y así poder referenciar la prescripción de ejercicio físico.

Las respuestas cardiorrespiratorias al ejercicio son directamente proporcionales a la intensidad de éste, donde la frecuencia cardiaca se incrementa a medida que el músculo requiere más oxígeno.

Dada ésta linealidad entre el incremento del consumo de oxígeno e incremento de la frecuencia cardiaca se han diseñado fórmulas que permiten, en forma práctica, utilizar la Frecuencia Cardiaca como método de cuantificación de la intensidad del esfuerzo.

V. J. Leibetseder y col. Han desarrollado una fórmula que permite estimar, mediante la medición de la Frecuencia Cardiaca (FC) durante el esfuerzo, el



porcentaje del Consumo de Oxígeno (VO<sub>2</sub> máximo). Utilizado en la fórmula la Frecuencia Cardiaca Máxima (FC máx.) la cual puede obtenerse sin necesidad de la realización de un esfuerzo de tipo máximo, mediante la fórmula de 220 – edad, aunque el resultado se prestará a grandes variaciones. Una forma de corregir ésta variabilidad es utilizar la siguiente fórmula:

$$FC_{\text{máx.}} = 212 - (0.69 \times \text{edad})$$

- La FC requerida para un determinado porcentaje (%) de VO<sub>2</sub>máx. = (FCR (X/100)) + FC reposo).
- FCR se obtiene restando FCmáx la FC reposo
- X es el % del VO<sub>2</sub> máximo. que deseamos alcanzar durante el esfuerzo.
- FC es alcanzada después de 10min. de reposo al estar en decúbito supino en el suelo.

El Colegio Americano de Medicina del Deporte en 1991 señaló que los adultos aparentemente sanos se deberían ejercitar a intensidades entre el 40-85% del VO<sub>2</sub>máx. Donde aclaraban que el 40, 50, 70, 80 y 85% del VO<sub>2</sub> máximo. Corresponde al 55, 62, 70, 85, 90% de la FCmáx respectivamente. Sin embargo en estudios posteriores se observó que no eran las más precisas. Más adelante se obtuvieron trabajos los cuales señalaban una relación casi perfecta entre el porcentaje de la FCR y el porcentaje de VO<sub>2</sub> R.

Es así como en 1998 el Colegio Americano de Medicina del Deporte daba las siguientes indicaciones para las intensidades de entrenamiento 50/65%-90 de la FCmáx. ò entre el 40/50% -85% del VO<sub>2</sub>R ò FCR. Indicando esto lo que habían señalado los estudios anteriores. Existe una mayor relación entre el VO<sub>2</sub>R y la FCR en comparación a las otras.

Dentro de las formulas más conocidas para poder redecir la capacidad aeróbica de un individuo está el test de Cooper, Bosco, Conconi, Luc Leger entre otros; a



continuación describiremos la metodología y como obtener información acerca del consumo de oxígeno de un individuo.

### **Test de Cooper.-**

Es la forma más sencilla y más utilizada para valorar la condición aeróbica (máximo consumo de oxígeno) de los sujetos. El test de Cooper o de los doce minutos fue desarrollado por en 1968 por el Dr. Kenneth Cooper

$$VO_2 = 22.351 * \text{distancia Km.} - 11.288$$

$$VO_{2\text{máx.}} = (\text{distancia recorrida} - 504) / 45$$

El máximo consumo de oxígeno se expresa en ml./Kg./min.

El Test consiste en realizar 12 min. de carrera a pie, continua, al mismo ritmo y sobre una distancia plana. Se ha de poder medir la distancia recorrida por el sujeto a fin de determinar el máximo consumo de oxígeno orientativo:

- Valores orientativos (J. Ballesteros )
- Sujeto sedentario 40ml/Kg./min.
- Sujeto aficionado 50ml/Kg./min.
- Deportista nivel nacional 60ml/Kg./min.
- Deportista internacional 75-80ml/Kg./min.

Con el tiempo distintos autores han propuesto distintas fórmulas para el cálculo:

- Howald:  $VO_2 = \text{distancia} * 0.02 - 5.4$
- Americana  $VO_2 = (0.2 * \text{velocidad}) + 3.5$

Es un test por su sencillez realmente útil, pero se ha de personalizar de manera individualizada y donde podemos sacar su mejor resultado es en estudios



comparativos periódicos sobre los mismos sujetos o grupos de individuos. Es importante el control de la frecuencia cardíaca.

### Tablas de Cooper.-

Hombres	Rendimiento				
Edad	Pobre	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
13-14	<2100m	2100-2199m	2200-2399m	2400-2700m	>2700m
15-16	<2200m	2200-2299m	2300-2499m	2500-2800m	>2800m
17-20	<2300m	2300-2499m	2500-2699m	2700-3000m	>3000m
20-29	<1600m	1600-2199m	2200-2399m	2400-2800m	>2800m
30-39	<1500m	1500-1999m	1900-2299m	2300-2700m	>2700m
40-49	<1400m	1400-1699m	1700-2099m	2100-2500m	>2500m
>50	<1300m	1300-1599m	1600-1999m	2000-2400m	>2400m

Mujeres	Rendimiento				
Edad	Pobre	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
13-14	<1500m	1500-1599m	1600-1899m	1900-2000m	>2000m
15-16	<1600m	1600-1699m	1700-1999m	2000-2100m	>2100m
17-20	<1700m	1700-1799m	1800-2099m	2100-2300m	>2300m
20-29	<1500m	1500-1799m	1800-2199m	2200-2700m	>2700m
30-39	<1400m	1400-1699m	1700-1999m	2000-2500m	>2500m
40-49	<1200m	1200-1499m	1500-1899m	1900-2300m	>2300m
>50	<1100m	1100-1399m	1400-1699m	1700-2200m	>2200m

### **Test de la Milla.-**

Se puede calcular su  $VO_2$  máximo en base a sus tiempos de carrera actuales. Por ejemplo, si usted puede correr una milla (1,609 Km.) en cinco minutos y 45 segundos, su  $VO_2$  máx. se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$133,61 - (13,89 \times \text{tiempo en minutos}).$$

Entonces, su cálculo estimado de  $VO_2$  máximo de acuerdo con la fórmula reflejaría un  $VO_2$  máx. de 53,74 ml/Kg./min.

Las fórmulas de dos millas (3,2 Km.), seis millas (9,6 Km.) y de diez Km. son, respectivamente. Las siguientes:



- $128,81 - (5,95 \times \text{tiempo en minutos})$ .
- $120,62 - (1,59 \times \text{tiempo en minutos})$ .
- $120,9 - (1,54 \times \text{tiempo en minutos})$ .

### **Test Luc Leyer.-**

Es importante señalar que éste test está destinado para no deportistas, es decir a personas aficionadas o sedentarias. El test consiste en recorrer 20 metros a velocidad progresiva. Se ha de medir el tiempo que tarda en recorrer cada distancia y cuando el sujeto no pueda llegar de una distancia a la otra termina el test. Se toma como tiempo válido el ultimo que pudo terminar el recorrido.

Es importante regular el tiempo inicial entre las distancias para que el individuo no supere los dos minutos de trabajo.

$$VO_2 = 5857 * \text{velocidad} - 19458$$

- El máximo consumo de oxígeno se expresa en ml/Kg./min.
- La velocidad en Km./hr.

### **Protocolo de Balke en tapiz**

La velocidad del tapiz tiene que ser de 90 metros por minuto, con una progresión en la pendiente de 1% en cada minuto. El deportista se mantendrá en el tapiz hasta que llegue el agotamiento máximo ò extenuación.

$$VO_2 \text{ máximo (ml/Kg./min.)} = 12.12 + 1.51 * \text{tiempo.}$$

Esta ecuación fue desarrollada por Froelicher y Lancaster en 1974 de una población de más de 1000 sujetos de entre 20 y 53 años

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Poder calcular datos confiables sobre el estado de entrenamiento de un individuo de una manera sencilla y económica mediante la utilización de datos antropométricos como el peso corporal (PC), expresado en Kilogramos, porcentaje de masa grasa relativa (PMG), determinado por plicometría y expresada en porcentaje de la masa corporal total (%), y la edad (ED), calculada mediante la fecha de nacimiento y expresada en años y décimas. El modelo de correlación múltiple se tomó:  $Y = A + B1 \cdot X1 + B2 \cdot X2$

## 1.3 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una fórmula mediante la cual podemos determinar el consumo máximo de oxígeno predecible para un individuo a partir de variables antropométricas. Se llevó a cabo en pacientes de internación de medicina, quienes realizaban actividad física, en el período comprendido de marzo a noviembre del 2000.

## 1.4 OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la relación que existe entre la edad, peso corporal, porcentaje de masa grasa y la capacidad aeróbica máxima de un grupo determinado.
- Determinar la antropometría de las personas en estudio: Estatura, Masa (Peso) corporal, pliegues cutáneos, circunferencias y diámetros de miembros
- Determinar los niveles de consumo máximo de oxígeno relativo al peso corporal ( $VO_2/Kg.$ )
- Correlacionar las variables antropométricas con el consumo máximo de oxígeno.



## 1.5 HIPOTESIS

**H<sub>1</sub>:** Existe una correlación lineal múltiple, la cual es superior a 0.700 entre la variable dependiente: Consumo de Oxígeno Máximo (VO<sub>2</sub>/Kg. máximo, calculado de una ergometría) y las variables independientes: peso corporal, porcentaje de masa grasa relativa y la Edad.

**H<sub>0</sub>:** No existe una correlación lineal múltiple superior a 0.700, entre la variable dependiente: Consumo de Oxígeno Máximo (VO<sub>2</sub>/Kg. máximo, calculado de una ergometría) y las variables independientes: peso corporal, porcentaje de masa grasa relativa y la Edad.

## 2.1.2 PERTINENCIA

El tener una fórmula para poder predecir el consumo máximo de un individuo es una herramienta muy importante del mundo de la medicina.

La forma de calcular este nivel de consumo de oxígeno es el porcentaje de capacidad del sujeto de experimentar y también utilizado en la estimación de cargas de entrenamiento.

En los deportes de resistencia la Capacidad Física Aeróbica (VO<sub>2</sub> máximo) es decisiva, el conocimiento de VO<sub>2</sub> máximo es imprescindible para el desarrollo de

## **CAPÍTULO II**

### **2.1 JUSTIFICACIÓN**

En el presente trabajo se pretende abordar el tema del cálculo del consumo de oxígeno ( $VO_{2max}/Kg.$ ), desde una perspectiva diferente a lo cual se ha realizado en anteriores estudios en nuestro medio. Poder calcular este parámetro mediante la utilización de una ecuación en la que se ingresan datos antropométricos sería de gran ayuda tanto al médico del deporte así como al profesional del deporte, tanto desde el punto de vista general de salud del individuo, así como de su estado de entrenamiento, expectativa frente al esfuerzo físico, así como económico y de facilidad de obtención de datos.

Sin embargo no se pretende desplazar la información que podemos obtener con una prueba de esfuerzo sino poder utilizar una fórmula que sirva de orientación o guía sobre el estado de entrenamiento de la persona.

#### **2.1.2 PERTINENCIA**

Obtener una fórmula para poder predecir el consumo máximo de un individuo adecuada a nuestra población mexicana del noreste de la república.

La opción de determinación directa de consumo de oxígeno es un parámetro de diagnóstico del estado de entrenamiento y también utilizado en la dosificación de cargas de trabajo físico.

En los deportes en los que la Capacidad Física Aeróbica Dinámica es decisiva, el conocimiento del  $VO_2$  máximo es imprescindible tanto el diagnóstico de



estado de entrenamiento como en la dosificación de cargas de trabajo y seguimiento médico técnico tanto en la preparación general como la específica.

#### 2.1.4 ORIGINALIDAD

En los deportes en los que la Capacidad Anaeróbica es determinante, también es de gran utilidad el VO<sub>2</sub> máximo como complemento a la preparación general del deportista.

El costo económico, calculado por el autor alrededor de 35 salarios mínimos diarios, de cada una evaluación lo hace ser no accesible a la gran mayoría de la población deportiva o para aquéllos que si pudieran solventarlo la disyuntiva con otros bienes y servicios de consumo.

Este estudio proveerá del cálculo de consumo de oxígeno mediante una fórmula con una sola ergometría sin el equipo tiene un costo máximo aproximado de 10 salarios mínimos.

#### 2.1.3 RELEVANCIA

La presente investigación pretende aportar una herramienta más al personal que labora en el área de la salud para así poder predecir la cantidad de consumo máximo predecible para un individuo.

Tanto deportistas profesionales como aficionados así como personas que practican activación física se verán beneficiados de conocer su VO<sub>2</sub> individual de manera indirecta.

Se podrán realizar planes de entrenamiento personalizados una vez determinado el VO<sub>2</sub> máx., con mayor precisión y con una expectativa mayor de diagnóstico asertivo en comparación con cálculos de tablas publicadas.

#### **2.1.4 ORIGINALIDAD**

Mediante una sencilla fórmula obtener el consumo máximo de oxígeno de un individuo y así poderle orientar hacia un programa de entrenamiento a seguir.

Se han tomado fórmulas publicadas de autores pertenecientes a diversos países pero la población blanco es de la región noreste de México que en estudio piloto demostró diferencia significativa en capacidad aeróbica en comparación con otras poblaciones

#### **2.1.5 FACTIBILIDAD**

El laboratorio de ergometría de la Empresa Internacional de Medicina S. de R. L. tiene el equipo suficiente y necesario para llevar a cabo las evaluaciones.

Se solicitará a grupos de deportistas que acudan para prueba de esfuerzo.

Se puede realizar al conocer datos como género, peso, talla, medición de pliegues para conocer el consumo máximo de oxígeno.

#### **2.1.6 IMPACTO**

En la actualidad es muy conocido sobre los beneficio que obtiene un individuo al realizar ejercicio físico dosificado de acuerdo a las cargas necesarias ya sea en forma profiláctica ó terapéutica.



### **CAPITULO III**

#### **3.1 METODOLOGIA**

Se realizara un estudio de tipo observacional, prospectivo, transversal, no ciego y no probabilístico, comparando las variables Consumo de Oxígeno Máximo (VO<sub>2</sub>/Kg. máximo, calculado de una ergometría) con las variables: peso corporal, porcentaje de masa grasa relativa y la edad.

#### **3.2 UBICACIÓN DEL TRABAJO**

Las pruebas de esfuerzo fueron elaboradas en el Laboratorio de la empresa y el Laboratorio de la Facultad de Organización Deportiva de la UANL, por espacio aproximado de ocho meses; marzo a noviembre del 2000.

#### **3.3 DEFINICIÓN DE LA MUESTRA**

Se determinó un total de 157 sujetos.

#### **3.4 CRITERIOS DE INCLUSION**

- Pertenecer al género masculino.
- Poseer una edad ubicada entre los 10 años y los 75 años.
- Práctica regular de actividad física o deporte con tres meses de anticipación al inicio del estudio.
- Ausencia de signos evidentes de enfermedad al interrogatorio y al examen médico general.
- Aceptación de los lineamientos e información sobre el presente estudio.

### **3.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

- No alcanzar durante la ergometría, los criterios de vita-máxima.
- Presentar durante las pruebas, alguna manifestación clínica que indique un desorden de salud.

### **3.6 CRITERIOS DE ELIMINACION**

- Presencia de expediente incompleto
- Ausencia en el apego al protocolo
- A solicitud del Paciente

### **3.7 SUJETOS DE ESTUDIO Y MATERIAL UTILIZADO**

La muestra de estudio está compuesta por un total de 157 sujetos de género masculino con un rango de edad de 10 a 72 años, a quienes se les llevó a cabo una Ergometría, 55 sobre Banda sin-fin y 102 sobre bicicleta ergométrica

Se calculó la Estadística descriptiva con los datos demográficos que incluyeron Edad (EDA); Peso (PES); Estatura (EST); Masa grasa (MG%) en porcentaje de Masa Corporal (MCK); Flexibilidad (FLX). De la ergometría se determinaron la Frecuencia Cardíaca máxima alcanzada (FCA); Frecuencia Cardíaca máxima calculada (FCC).

A toda persona que se le llevó a cabo la ergometría sobre banda sin-fin, se les determinó la Velocidad máxima alcanzada (KMH); y se llevó a cabo el cálculo del Consumo de Oxígeno de acuerdo a los datos de velocidad, expresado en forma absoluta en litros/ minuto (VOA); Consumo de Oxígeno relativo al peso corporal expresados en ml/min\*Kg (VOK); Consumo de Oxígeno relativo a la frecuencia cardíaca máxima alcanzada (VOP). Cálculo de la potencia absoluta expresada en Watts (WTA); Cálculo de la potencia relativa al peso corporal expresada en Watts/Kg (WTK). A quienes se les llevó a cabo la ergometría



sobre bicicleta ergométrica, se determinó la potencia absoluta y relativa WTA, WTK; y se calculó el Consumo de Oxígeno absoluto y relativo al peso corporal y frecuencia cardiaca VOA, VOK y VOP. Se utilizó un cicloergómetro marca Monark modelo 905 de freno mecánico y con control digital electrónico, con rango de potencia de 0 a 400 Watts.

#### Material.-

- Banda sin-fin marca Marquette modelo 1501 con rango de 0 a 18 Km/h e inclinación de 0 a 25 por ciento
- Plicómetro tipo Harpender marca Bull/UK
- Estadímetro con ángulo recto superior para determinación de estatura
- Báscula de fiel, calibrable, marca Nuevo León
- Cinta métrica de fibra de vidrio con cubierta de polietileno, retráctil de longitud total de 2.00 metros
- Lote de papelería impresa para captura de datos de ergometría y antropometría
- Ordenador electrónico marca Toshiba modelo satellite con paquetería windows Me y Office 2000
- Programa estadístico STATA 10 con licencia, fórmulas publicadas en la literatura

### **3.8 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO A REALIZAR**

El presente estudio es experimental, prospectivo, no cegado, no randomizado, haciendo el análisis estadístico en base a correlación de los datos antropométricos y el consumo máximo de oxígeno.

### **3.9 DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS ESTADÍSTICOS**

Los resultados obtenidos de las evaluaciones antes establecidas, se recabarán en una base de datos desarrollada en programa STATA, para su posterior



análisis mediante el dicho programa. Se obtendrán, de todas las variables evaluadas, los estadísticos descriptivos tradicionales, tales como las medidas de tendencia central (media, mediana y moda), medidas de dispersión (varianza, desviación estándar y coeficiente de variación) y medidas de posición (cuartiles, quintiles y deciles) en el caso de las variables cuantitativas, así como las frecuencias observadas en las variables de tipo cualitativas.

Se llevará a cabo estadística inferencial, consistente en cálculo de Correlación lineal simple y múltiple así como la Regresión de las correlaciones respectivas, con la finalidad de determinar y definir el grado de afinidad de las variables y exponer su ecuación que define  $y = a + b * x$  o en su caso  $Y = A + B1*X1 + B2*X2$

### **3.10 PROCEDIMIENTO GENERAL**

A todos y cada uno de los sujetos de estudio en el presente trabajo, se les llevó a cabo un examen médico deportivo consistente en interrogatorio directo, exploración física y auscultación. Al declararse libre de enfermedades evidentes o no mencionadas en el interrogatorio, se procede a realizar medidas antropométricas como talla, peso corporal, y cálculo de masa grasa, Somatometría: Endomorfia, Mesomorfia y Ectomorfia.

Se tomó un electrocardiograma (ECG) en estado de reposo, con el fin de confirmar el estado de salud de los sujetos de estudio. No se reportan otros datos relacionados con el ECG en reposo, en el presente estudio

Posterior a evaluación positiva del estado de salud se procede a realizar una ergometría sobre banda sin-fin o sobre bicicleta ergométrica de acuerdo a una selección aleatoria de los sujetos de estudio.



## ERGOMETRIA

La Ergometría es una prueba de esfuerzo donde el sujeto se enfrenta a una carga de trabajo física dosificada y se observan las diferentes variables biológicas de respuesta a esta carga.

Previo a la Ergometría, a todos y cada uno de los sujetos de estudio, se le dio una explicación amplia del objetivo a estudiar, procedimiento, limitaciones y contraindicaciones al ejercicio así como una descripción de riesgos relativos a la prueba

En la Banda sin-fin, la persona a evaluar realizó una carga de trabajo que se inicia con 4 Km./h en las de género femenino y 6 Km./h en las personas de género masculino. La elevación de la Banda sin-fin se colocó fija, siguiendo las recomendaciones de Pugh, al 1%

A continuación se llevan a cabo incrementos de la velocidad en 2 Km./h cada tres minutos hasta alcanzar los valores llamados de vita-máxima representados en la frecuencia cardiaca valores de 220 menos la edad y en la Presión Arterial sistólica superior a 200 mmHg y la diastólica superior a 100 mmHg.

Una vez alcanzado este criterio se da por terminado el incremento de carga de trabajo; asimismo como criterio para suspender o dar por terminada la prueba se encuentran: no aceptación de más carga de trabajo por parte del sujeto de estudio así como signos y síntomas de deterioro de salud

Posterior a la fase de carga de trabajo, al presentar el criterio de vita-máxima y/o los de tolerancia o disposición al ejercicio, se pasa de la fase de carga de trabajo a la llamada fase de recuperación. En esta fase se lleva el registro de la frecuencia cardiaca y presión arterial al minuto, minuto tres y minuto cinco post ejercicio



Al inicio de esta fase, la velocidad de la banda sin-fin se coloca en 4 o 6 Km/h de acuerdo al género femenino o masculino, respectivamente y a partir del minuto 3, la velocidad es de 2 Km/h

Se obtiene con este protocolo una tabla de la frecuencia cardiaca en reposo, a las diversas velocidades a que haya llegado el sujeto así como las tres de la fase de recuperación. Las frecuencias cardiacas así obtenidas serán utilizadas en el presente estudio

En el cicloergómetro se inicia con 25 watts en las personas del género femenino y con 50 watts en los sujetos del género masculino. Se incrementa la potencia en 25 watts cada tres minutos hasta alcanzar los criterios de vita-máxima, ya descritos anteriormente. También hay una fase de recuperación con registro de la frecuencia cardiaca en el minuto uno, tres y cinco

#### ANTROPOMETRIA

La medición de los componentes corporales se lleva a cabo por medio de un plicómetro, que es un aparato que mide el espesor de los pliegues cutáneos en los puntos establecidos estandarizados: Bicipital, Tricipital, Subescapular, Medio Axilar Abdominal, Supraespinal, Muslo y Pantorrilla.

Las circunferencias del Bíceps en flexión y extensión así como pantorrilla, Cintura y Cadera. Se registra el peso según el protocolo de Lohman. La estatura se registra de acuerdo al protocolo de Frankfurt.

Mediante la utilización del protocolo de Heath y Carter se obtienen el cálculo del Somatotipo con sus componentes Endomorfia, Mesomorfia y Ectomorfia.

La presente investigación se realizó en los laboratorios de la empresa Intermed, S.A. de C.V.. con la colaboración del personal medico y científico de quienes laboran en esa institución.



El apoyo económico para la presente investigación fue por recursos propios, así como el apoyo de diferentes centros dedicados al estudio de la medicina del deporte además de diferentes instituciones como la Facultad de Organización Deportiva y El Hospital Universitario de la Universidad Autónoma de Nuevo León, que de alguna u otra manera tuvieron inferencia en la presente investigación.

### 3.11 CAPTURA DE DATOS

Lote de papelería impresa para captura de datos de ergometría y antropometría  
Ordenador electrónico marca Toshiba modelo satellite con paquetería Windows Me y Office 2000, los datos se calcularon en la hoja de calculo Excel y posteriormente se pusieron en el programa estadístico STATA versión 10, con licencia y formulas publicadas en la literatura, para su posterior análisis.

## CAPITULO IV

### 4.1 RESULTADOS

El cálculo del Coeficiente de Correlación Múltiple (R) Para la Banda Sin-Fin, según Lothar Sachs (ver tabla 7), muestra un valor  $R = 0.831$  con un Coeficiente  $R^2$  de 0.691, significando que un 69.1% de la varianza se explica a través de la fórmula de regresión múltiple  $Y = A + X1B1 + X2B2$

El cálculo del Coeficiente de Correlación Múltiple (R) Para la Bicicleta Ergométrica, (ver tabla 8), muestra un valor  $R = 0.774$  con un Coeficiente  $R^2$  de 0.599, significando que un 59.9% de la varianza se explica a través de la fórmula de regresión múltiple  $Y = A + X1B1 + X2B2$

Se llevaron a cabo los cálculos de las Regresiones Múltiples tanto para los resultados de Ergometría sobre Banda Sin-Fin, como sobre Bicicleta Ergométrica obteniéndose los coeficientes en la tabla anterior

Los Valores de los coeficientes correspondientes a B1 para la variable X1 Porcentaje de Masa Grasa y B2 para la variable X2 Edad son negativos tanto para uno como para otro grupo

Esto se interpreta como por cada incremento de Porcentajes Masa Grasa (X1) y de Edad (X2) se obtendrá una elevación negativa, esto es, decrece el VO2 máximo calculado por cada unidad porcentual de Masa Grasa y por cada Año de Edad.

Para la Banda Sin-Fin el decremento de VO2 por cada unidad porcentual de grasa es menor en comparación con la Bicicleta ergométrica (-0.834, -1.067, respectivamente).



Esta diferencia se puede explicar al observar los valores de la tabla de Porcentaje de Masa Grasa para cada grupo: Banda Sin-Fin, 19.84 +/- 5.78; Bicicleta Ergométrica 24.23 +/- 9.30. Al comparar los promedios se observó una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos (  $p < 0.00001$  )

El decremento por año de edad es mayor en la población estudiada sobre la Banda Sin-Fin en comparación con la población estudiada sobre la Bicicleta Ergométrica

Esta diferencia se puede explicar al observar los valores de la tabla de Edad para cada grupo: Banda Sin-Fin: 16.96 +/- 10.58 años; Bicicleta Ergométrica 32.80 +/- 18.05 años, en la comparación de la edad en ambos grupos se observó una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.00001$ )

Esto inferimos influyó al ser de mayor edad la población de Bicicleta Ergométrica, el VO2 decayó en magnitud.

Grupo Bicicleta	Edad	Peso	Estatura	Masa Grasa (%)
<b>N</b>	102	102	102	102
<b>Media</b>	32.8	76.65	172.28	24.23
<b>Desv. Est.</b>	18.05	17.41	11.98	9.3

TABLA 1 Descripción estadística del grupo de bicicleta

n= 157 / Fuente: Instrumento estandarizado.

Grupo Banda Sin-Fin	Edad	Peso	Estatura	Masa Grasa (%)
<b>N</b>	55	55	55	55
<b>Media</b>	16.96	54.25	160.67	19.84
<b>Desv. Est.</b>	10.58	15.1	11.95	5.78

TABLA 2 Descripción estadística del grupo de banda sin fin

n= 157 / Fuente: Instrumento estandarizado.

Todos	Edad	Peso	Estatura	Masa Grasa (%)
<b>N</b>	157	157	157	157
<b>Media</b>	27.13	68.72	168.19	22.67
<b>Desv. Est.</b>	17.49	19.7	13.13	8.45

TABLA3 Descripción estadística de ambos grupos

n= 157 / Fuente: Instrumento estandarizado.

Grupo Bicicleta	VO2Max	VO2Rel	watts/kg.
<b>N</b>	102	102	102
<b>Media</b>	2.724	36.76	2.74
<b>Desv. Est.</b>	0.996	14.79	1.2

Tabla 4 descripción estadística de VO2Max, VO2 Relativo y watts/Kg.

En grupo de bicicleta.

n= 157 / Fuente: Instrumento estandarizado.

Grupo Banda Sin-Fin	VO2Max	VO2Rel	watts/kg.
<b>N</b>	55	55	55
<b>Media</b>	2.58	47.48	3.44
<b>Desv. Est.</b>	0.787	5.51	0.48

Tabla 5 descripción estadística de VO2Max, VO2 Relativo y watts/Kg.

en Grupo de banda sin fin

n= 157 / Fuente: Instrumento estandarizado.

Todos	VO2Max	VO2Rel	watts/kg.
<b>N</b>	157	157	157
<b>Media</b>	2.681	40.67	3.00
<b>Desv. Est.</b>	0.93	13.4	1.06

Tabla 6 descripción estadística de VO2Max, VO2 Relativo, y watts/ kg.

en ambos grupos.

n= 157 / Fuente: Instrumento estandarizado.



<b>Banda</b>			
<b>R</b>		<b>0.831</b>	
<b>R2</b>		<b>0.691</b>	
		<b>A</b>	<b>68.007</b>
<b>X1</b>	<b>% Grasa</b>	<b>b1</b>	<b>-0.834</b>
<b>X2</b>	<b>Edad</b>	<b>b2</b>	<b>-0.306</b>

Tabla 7 El cálculo del Coeficiente de Correlación Múltiple ( R) Para la Banda Sin-Fin, según Lothar Sachs

n= 157 / Fuente: Instrumento estandarizado.

<b>Bicicleta</b>			
<b>R</b>		<b>0.774</b>	
<b>R2</b>		<b>0.599</b>	
		<b>A</b>	<b>72.354</b>
<b>X1</b>	<b>% Grasa</b>	<b>b1</b>	<b>-1.067</b>
<b>X2</b>	<b>Edad</b>	<b>b2</b>	<b>-0.107</b>

Tabla 8 El cálculo del Coeficiente de Correlación Múltiple ( R) Para la Bicicleta Ergometrica según Lothar Sachs.

n= 157 / Fuente: Instrumento estandarizado.

- Correlaciones Múltiples para el cálculo de  $Y = VO_2$ , sobre Banda sin-fin
- y Bicicleta Ergométrica (Bicicleta). Coeficientes de Regresión: a (Elevación)
- X1 (Porcentaje de Masa Grasa, % Grasa); X2 Edad (Edad, en años)

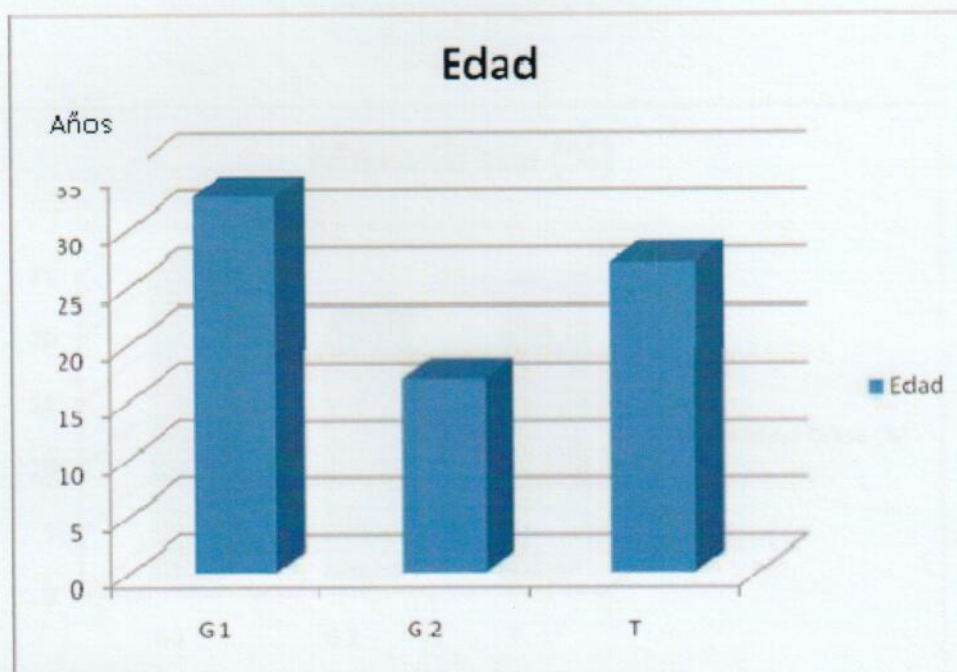


Figura 1 Edad (años) del Grupo 1 (G1), Grupo 2 (G2), así como los dos grupos en conjunto (T). Promedio y Desviación estándar

n= 157 / Fuente: Instrumento estandarizado.

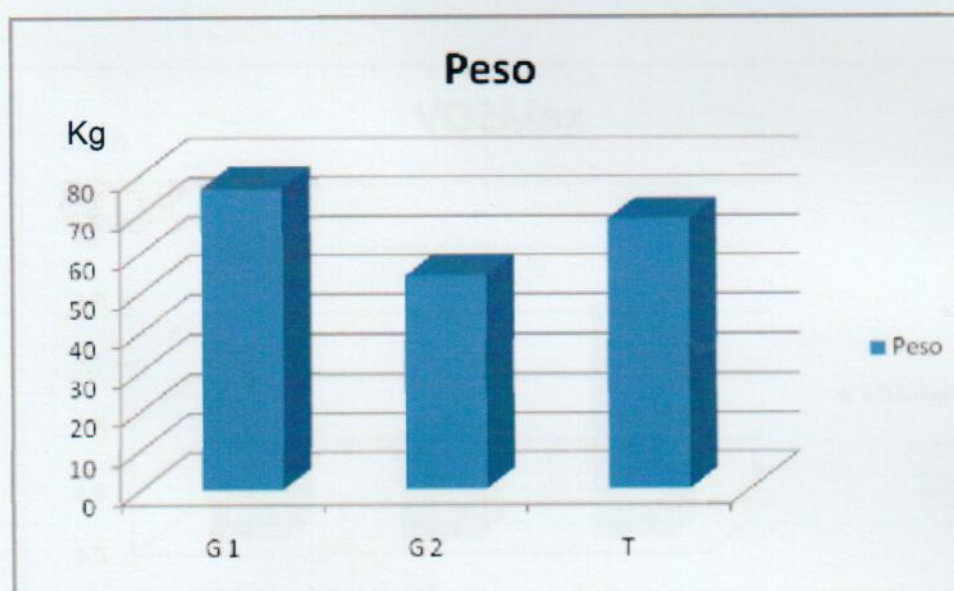


Figura 2 Peso (kilogramos) del Grupo 1 (G1), Grupo 2 (G2), así como los dos grupos en conjunto (T). Promedio y Desviación estándar.

n= 157 / Fuente: Instrumento estandarizado.



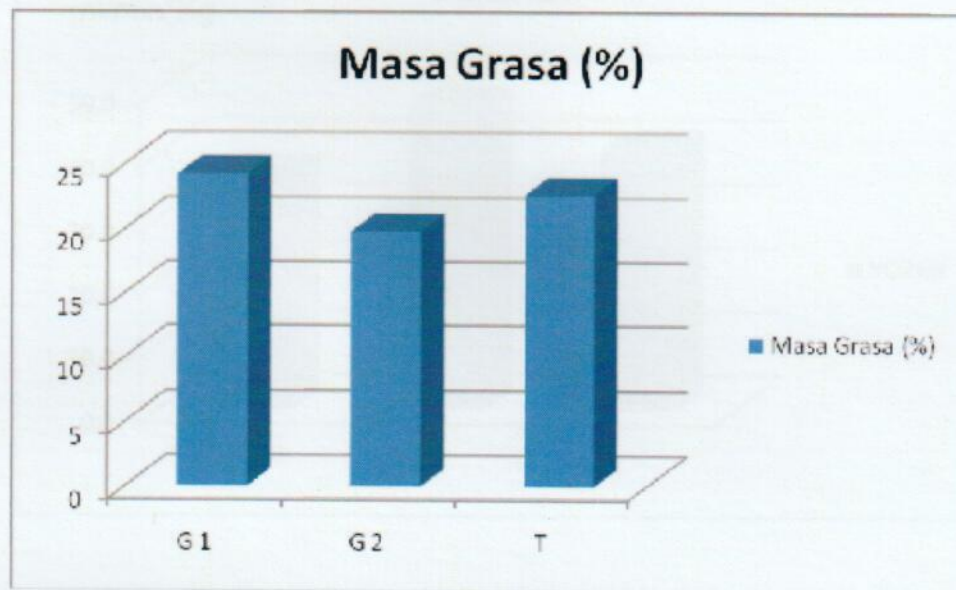


Figura 3 Masa Grasa (%) del Grupo 1 (G1), Grupo 2 (G2), así como los dos grupos en conjunto (T). Promedio y Desviación estándar.

n= 157 / Fuente: Instrumento estandarizado.

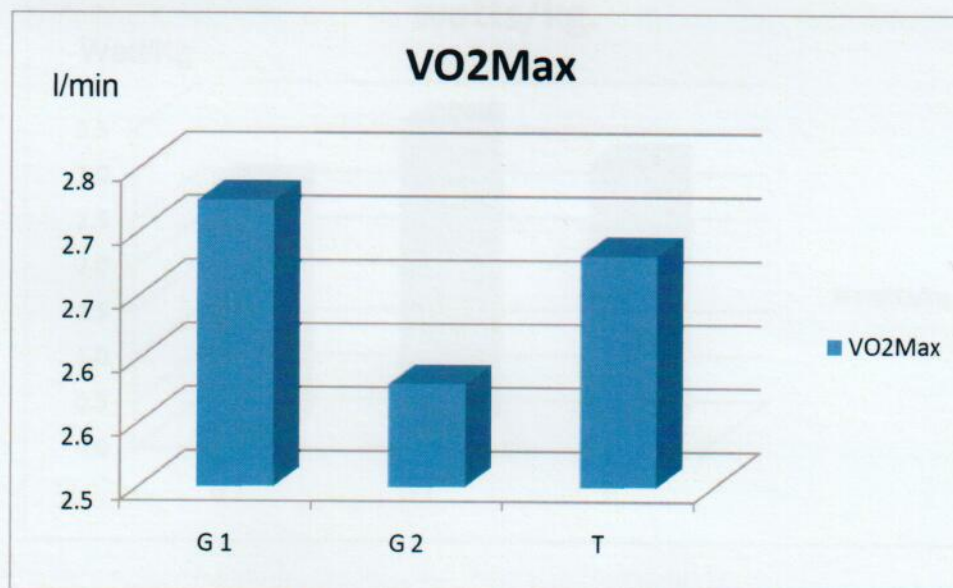


Figura 4 Consumo de Oxígeno máximo absoluto (VO2 Max) (l/min) del Grupo 1 (G1), Grupo 2 (G2), así como los dos grupos en conjunto (T). Promedio y

Desviación estándar

n= 157 / Fuente: Instrumento estandarizado.

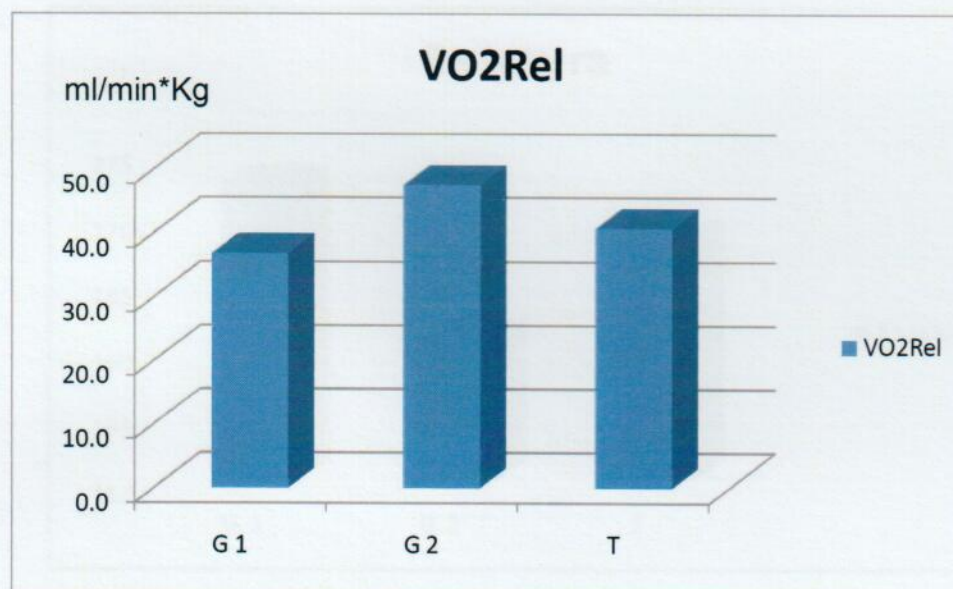


Figura 5 Consumo de Oxígeno Máximo Relativo al peso corporal VO2/Kg (ml/min\*Kg) del Grupo 1 (G1), Grupo 2 (G2), así como los dos grupos en conjunto (T). Promedio y Desviación estándar.

n= 157 / Fuente: Instrumento estandarizado.

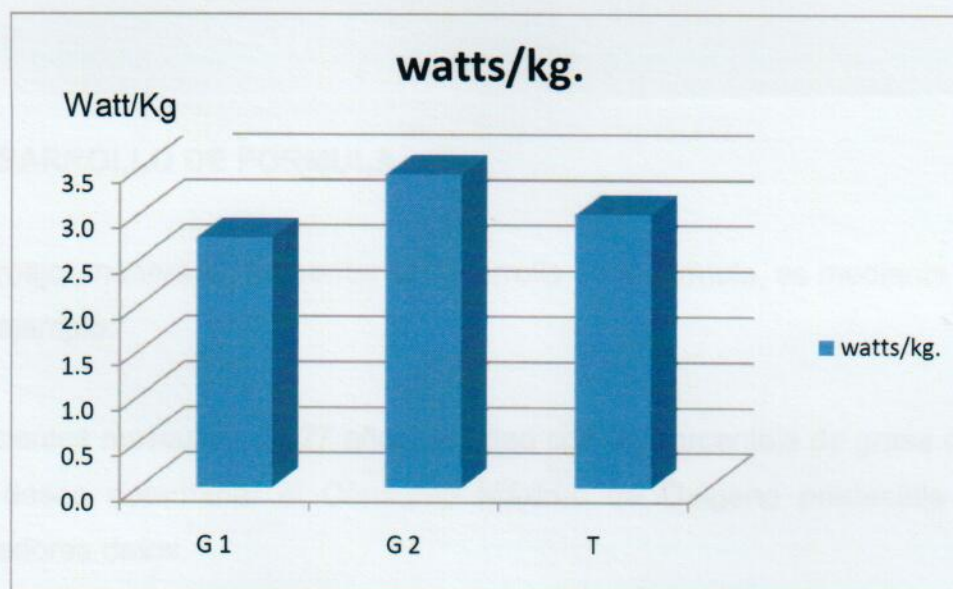


Figura 6 Potencia relativa al peso corporal Watts/Kg (Watt/Kg) del Grupo 1 (G1), Grupo 2 (G2), así como los dos grupos en conjunto (T). Promedio y Desviación estándar.

n= 157 / Fuente: Instrumento estandarizado.



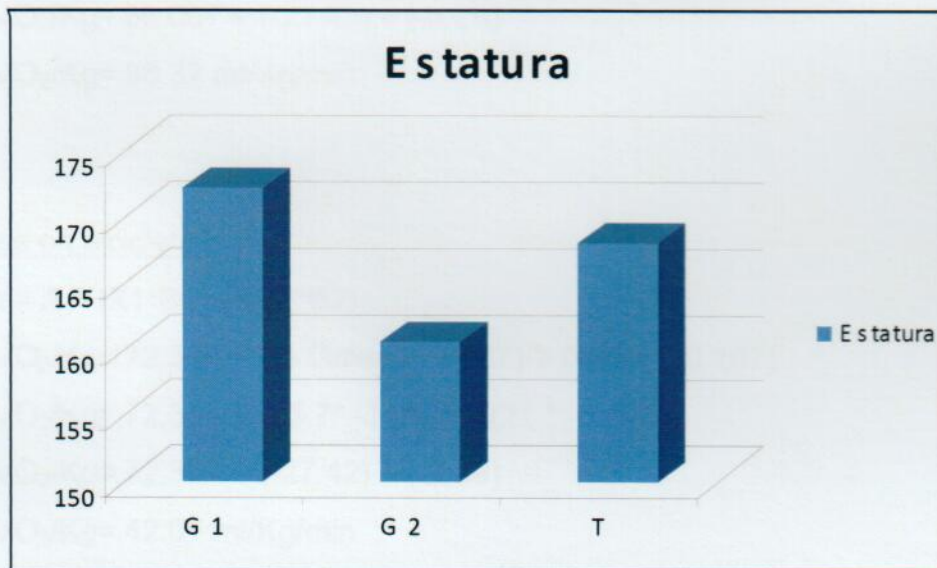


Figura 7 Estatura del Grupo 1 (G1), Grupo 2 (G2), así como los dos grupos en conjunto (T). Promedio y Desviación estándar.

n= 157 / Fuente: Instrumento estandarizado.

## DESARROLLO DE FORMULA

La mejor manera de presentar el desarrollo de la fórmula, es mediante el uso de un ejemplo:

Pacientes masculino de 27 años de edad con un porcentaje de grasa de 25.7%; se desea determinar el Consumo Máximo de Oxígeno predecible para los anteriores datos.

Desglose en banda.-

- $Y = A + (X1 \cdot B1) + (X2 \cdot B2)$
- $VO_2/Kg = 68.007 + (\% \text{ Grasa} \cdot -0.834) + (\text{Edad} \cdot -0.306)$
- $VO_2/Kg = 68.007 + (25.7 \cdot -0.834) + (27 \cdot -0.306)$

- $VO_2/Kg = 68.007 + (-21.43) + (-8.26)$
- $VO_2/Kg = 38.32 \text{ ml/Kg/min}$

#### Desglose en bicicleta.-

- $Y = A + (X1*B1) + (X2*B2)$
- $VO_2/Kg = 72.354 + (\% \text{ Grasa} * -1.067) + (\text{Edad} * -0.107)$
- $VO_2/Kg = 72.354 + (25.7 * -1.067) + (27 * -0.107)$
- $VO_2/Kg = 72.354 + (-27.42) + (-2.89)$
- $VO_2/Kg = 42.04 \text{ ml/Kg/min}$

#### Notas.-

- Se presenta una "r" menor en la bicicleta, ya que se presenta una desviación estándar en los números más amplia.
- Las constantes resultaron en valores negativos debido a las siguientes consideraciones:
  - Cada vez que aumenta el  $VO_2/Kg$ , los valores de grasa disminuyen y la edad también.
  - En cada ocasión en el disminuían los valores de grasa, se presentaban valores de  $VO_2$  mayores.
  - En cada ocasión en que se presenta una disminución en la edad, el  $VO_2$  es mayor.
  - Al aumentar la magnitud de  $VO_2$ , se presenta una disminución en los valores de grasa y edad.

#### Base de datos.-

n= 55 en banda y 102 en bicicleta

No.	Protocolo	VO2. MAX.	% DE GRASA	EDAD	PESO	VO2. MAX.
1	Banda	3.706	21.9	15	75.6	3.706
2	Banda	2.975	8.0	18	57.4	2.975
3	Banda	3.008	20.1	36	62.5	3.008
4	Banda	3.610	17.8	19	68.8	3.610
5	Banda	3.880	29.1	21	82.4	3.880



6	Banda	2.859	25.7	35	77.2	2.859
7	Banda	3.707	34.5	44	90.2	3.707
8	Banda	3.632	11.0	17	62.8	3.632
9	Banda	3.246	20.2	18	70.6	3.246
10	Banda	3.544	12.4	19	63.0	3.544
11	Banda	3.535	19.0	51	72.0	3.535
12	Banda	1.370	18.4	10	37.6	1.370
13	Banda	1.660	19.8	10	40.0	1.660
14	Banda	1.840	24.8	10	46.2	1.840
15	Banda	1.570	25.8	10	39.6	1.570
16	Banda	1.990	20.1	11	47.2	1.990
17	Banda	1.910	16.8	11	40.6	1.910
18	Banda	1.370	15.1	11	32.0	1.370
19	Banda	1.930	20.1	11	47.2	1.930
20	Banda	1.530	13.4	11	36.0	1.530
21	Banda	2.190	27.5	11	61.8	2.190
22	Banda	1.910	16.8	11	40.6	1.910
23	Banda	1.520	11.7	11	32.4	1.520
24	Banda	1.750	25.9	11	44.0	1.750
25	Banda	1.690	23.4	11	39.0	1.690
26	Banda	1.970	19.8	11	44.2	1.970
27	Banda	1.470	12.3	11	31.2	1.470
28	Banda	1.530	12.6	11	35.0	1.530
29	Banda	2.270	16.8	12	44.2	2.270
30	Banda	3.120	27.2	12	61.0	3.120
31	Banda	2.800	13.9	12	55.2	2.800
32	Banda	2.800	20.2	12	56.4	2.800
33	Banda	2.810	29.2	12	56.8	2.810
34	Banda	2.610	27.0	12	52.6	2.610
35	Banda	2.740	17.0	12	55.3	2.740
36	Banda	2.680	19.9	12	54.2	2.680
37	Banda	1.860	19.4	12	41.0	1.860
38	Banda	2.550	15.3	13	44.3	2.550
39	Banda	3.010	12.8	13	52.2	3.010
40	Banda	2.950	23.9	13	54.2	2.950
41	Banda	2.500	9.8	13	46.0	2.500
42	Banda	2.530	19.9	13	48.6	2.530
43	Banda	1.970	20.9	13	39.2	1.970
44	Banda	2.640	22.6	13	53.2	2.640
45	Banda	2.700	18.9	13	54.6	2.700
46	Banda	2.340	20.7	13	49.6	2.340
47	Banda	2.410	27.5	13	51.2	2.410
48	Banda	2.510	21.2	13	56.2	2.510



49	Banda	1.840	14.4	13	41.8	1.840
50	Banda	3.492	21.2	16	74.0	3.492
51	Banda	3.068	13.6	15	52.2	3.068
52	Banda	4.801	31.0	30	99.0	4.801
53	Banda	3.937	16.0	42	76.5	3.937
54	Banda	3.169	21.0	45	64.8	3.169
55	Banda	2.890	26.3	45	72.5	2.890
56	Bicicleta	3.900	20.6	14	63.5	3.900
57	Bicicleta	3.900	10.8	14	59.6	3.900
58	Bicicleta	3.900	25.0	15	76.3	3.900
59	Bicicleta	3.940	23.5	15	72.8	3.940
60	Bicicleta	3.890	16.9	16	83.5	3.890
61	Bicicleta	3.950	28.4	16	82.5	3.950
68	Bicicleta	4.030	17.4	20	70.7	4.030
69	Bicicleta	3.900	17.2	20	66.0	3.900
70	Bicicleta	4.030	8.7	21	78.0	4.030
71	Bicicleta	4.030	26.3	21	78.0	4.030
72	Bicicleta	4.200	17.0	21	81.4	4.200
73	Bicicleta	4.030	17.4	21	78.0	4.030
74	Bicicleta	4.200	11.8	21	77.5	4.200
75	Bicicleta	3.390	17.0	22	62.7	3.390
76	Bicicleta	3.700	8.7	22	64.3	3.700
77	Bicicleta	3.390	30.7	22	62.7	3.390
78	Bicicleta	4.560	17.3	22	80.8	4.560
79	Bicicleta	3.700	15.0	22	64.6	3.700
80	Bicicleta	3.900	9.0	22	62.0	3.900
81	Bicicleta	3.390	8.6	22	62.7	3.390
82	Bicicleta	3.600	11.0	22	61.9	3.600
83	Bicicleta	3.900	12.0	23	71.2	3.900
84	Bicicleta	4.200	10.0	23	68.2	4.200
85	Bicicleta	1.700	27.0	70	71.5	1.700
86	Bicicleta	1.800	22.5	55	93.0	1.800
87	Bicicleta	1.200	16.2	10	27.8	1.200
88	Bicicleta	1.200	16.2	10	27.8	1.200
89	Bicicleta	1.390	17.0	11	27.4	1.390
90	Bicicleta	1.540	26.4	11	40.0	1.540
91	Bicicleta	1.550	26.4	11	40.0	1.550
92	Bicicleta	1.650	35.9	11	54.6	1.650
93	Bicicleta	1.820	35.4	12	67.4	1.820
94	Bicicleta	1.830	29.0	12	67.4	1.830
95	Bicicleta	2.170	30.8	13	78.8	2.170
96	Bicicleta	2.700	19.1	13	54.4	2.700
97	Bicicleta	2.400	23.6	13	62.6	2.400



98	Bicicleta	2.440	20.9	14	60.0	2.440
99	Bicicleta	2.190	8.8	14	51.2	2.190
100	Bicicleta	2.700	19.9	14	66.7	2.700
101	Bicicleta	3.700	12.0	16	75.6	3.700
102	Bicicleta	2.490	29.0	17	93.4	2.490
103	Bicicleta	2.630	24.5	17	73.5	2.630
104	Bicicleta	1.900	25.0	29	81.5	1.900
105	Bicicleta	2.630	25.6	30	88.5	2.630
106	Bicicleta	2.100	33.0	31	57.8	2.100
107	Bicicleta	3.150	30.7	32	114.4	3.150
108	Bicicleta	2.630	23.6	32	82.2	2.630
109	Bicicleta	1.800	22.4	34	63.9	1.800
110	Bicicleta	1.930	31.9	34	85.9	1.930
111	Bicicleta	3.000	29.0	34	79.0	3.000
112	Bicicleta	2.330	32.2	36	111.4	2.330
113	Bicicleta	2.100	27.8	37	85.8	2.100
114	Bicicleta	2.250	30.2	38	81.2	2.250
115	Bicicleta	1.350	31.4	41	57.7	1.350
116	Bicicleta	2.220	24.0	43	87.9	2.220
117	Bicicleta	1.800	38.2	43	90.6	1.800
118	Bicicleta	2.100	33.2	44	78.0	2.100
119	Bicicleta	2.700	36.8	45	102.5	2.700
120	Bicicleta	2.590	28.0	46	91.8	2.590
121	Bicicleta	2.280	31.5	48	77.2	2.280
122	Bicicleta	2.080	30.0	48	82.6	2.080
123	Bicicleta	2.900	20.0	49	70.6	2.900
124	Bicicleta	1.950	33.9	49	91.6	1.950
125	Bicicleta	1.880	36.5	50	99.5	1.880
126	Bicicleta	1.600	30.4	50	66.2	1.600
127	Bicicleta	1.900	29.3	52	93.9	1.900
128	Bicicleta	2.300	37.3	52	110.5	2.300
129	Bicicleta	2.250	31.5	52	65.5	2.250
130	Bicicleta	1.770	29.0	52	75.5	1.770
131	Bicicleta	1.850	35.3	53	81.2	1.850
132	Bicicleta	1.800	32.9	54	84.2	1.800
133	Bicicleta	1.800	35.7	55	81.4	1.800
134	Bicicleta	1.500	41.9	56	110.2	1.500
135	Bicicleta	1.580	35.1	57	99.7	1.580
136	Bicicleta	1.800	32.9	58	81.6	1.800
137	Bicicleta	1.800	34.3	58	85.4	1.800
138	Bicicleta	1.800	35.5	60	105.8	1.800
139	Bicicleta	1.500	28.5	61	81.0	1.500
140	Bicicleta	1.700	8.0	61	62.6	1.700

141	Bicicleta	1.800	50.0	66	103.2	1.800
142	Bicicleta	2.050	32.6	67	101.6	2.050
143	Bicicleta	1.500	30.7	71	81.2	1.500
144	Bicicleta	1.330	38.4	71	93.6	1.330
145	Bicicleta	1.240	31.5	72	85.1	1.240
146	Bicicleta	2.780	23.0	48	84.2	2.780
147	Bicicleta	2.600	37.0	38	102.5	2.600
148	Bicicleta	2.880	29.6	38	82.2	2.880
149	Bicicleta	3.380	21.8	45	54.8	3.380
150	Bicicleta	2.400	22.3	57	64.0	2.400
151	Bicicleta	3.900	12.0	17	73.0	3.900
152	Bicicleta	3.900	13.6	19	77.0	3.900
153	Bicicleta	3.900	15.9	21	104.0	3.900
154	Bicicleta	3.900	16.9	21	93.0	3.900
155	Bicicleta	3.900	14.0	21	82.2	3.900
156	Bicicleta	4.530	13.1	22	87.6	4.530
157	Bicicleta	4.380	14.8	23	87.5	4.380



## CAPITULO V

### 5.1 DISCUSIÓN

El VO<sub>2</sub> es muy variable entre individuos y depende fundamentalmente de la carga genética de cada individuo, la edad, el sexo, el peso y el grado de entrenamiento o condición física. La condición aeróbica en gran parte está determinada genéticamente. La herencia puede condicionar hasta en un 70% el consumo máximo de oxígeno quedando solo un 20% al entrenamiento.

El VO<sub>2</sub> máximo también depende estrechamente de la edad. Desde el nacimiento aumenta gradualmente, en relación a la ganancia de peso. Los niños tienen un alto consumo de oxígeno normalizado al peso especialmente al peso magro, éste aumenta gradualmente con la edad y alcanza su máximo entre los 18 y 25 años de edad.

En relación al género, para cualquier edad es mayor en los hombres, en esto parece intervenir el porcentaje de grasa, la cantidad de masa muscular, condicionantes genéticos hormonales, menor cantidad de hemoglobina debido a los ciclos menstruales.

El VO<sub>2</sub> depende específicamente de la masa muscular, el grado de entrenamiento produce aumento de esta. Un paciente cardiópata entrenado puede aumentar su VO<sub>2</sub> en un 15 a 20% y por ende aumentar su calidad de vida. Un atleta bien entrenado puede incrementar su VO<sub>2</sub> en aproximadamente un 20%. (López Chicharro). El Vo<sub>2</sub>max. Tiene un 93% de componente genético. (Fox)

Se comparó el VO<sub>2</sub> máximo. De individuos de diferentes deportes y se observó que los atletas con mayor consumo de oxígeno son los que pertenecen a deportes de resistencia. (Fox)



En un estudio realizado en hombres y mujeres para determinar el incremento promedio de VO<sub>2</sub> máximo. Después de 8 a 16 semanas de entrenamiento varía entre el 5 y 15% con cambios individuales que alcanzan del 20-25%. Esto significa que un hombre que presenta 50ml/kg./min. puede esperar que con el entrenamiento se incremente a 60ml./kg./min. Una mujer con un VO<sub>2</sub> máximo. promedio de 40ml./Kg./min. puede esperar un incremento a 48ml./kg./min. Estos valores para mujeres y para hombres entrenados continúan estando un 18% por debajo de los que presentan los atletas campeones. (Fox).

Los atletas quienes presentan mayor cantidad de VO<sub>2</sub> máximo. son hombres y mujeres que practican los deportes de ciclismo, natación y esquí de fondo. (Mc Ardle).

El consumo máximo de oxígeno se ve influenciado por varios factores de estos los más importantes son forma del ejercicio, herencia de la persona, estado de entrenamiento, edad, sexo y la composición corporal. (Mc Ardle)

Después de los 25 años de edad el VO<sub>2</sub> máximo disminuye gradualmente hasta que a los 55años es alrededor de un 25% más bajo que los valores registrados en personas en su segunda década de la vida. (McArdle)

Las Pruebas que estiman el VO<sub>2</sub> máximo. La medición directa requiere de laboratorio extensor, equipo especializado, médicos especialista entrenados para la atención de una contingencia. Estas pruebas no son las apropiadas para evaluar grupos de sujetos no entrenados en una situación de campo, además un ejercicio tan vigoroso pone en riesgo a personas con alguna enfermedad o quienes realizan ejercicio sin supervisión apropiada.(Mc Ardle)

Dadas estas situaciones han sido diseñadas varias pruebas para predecir el VO<sub>2</sub> máximo como la resistencia al correr, la frecuencia cardiaca entre otras.



Las pruebas de resistencia están basadas en el razonamiento que la distancia que uno puede correr en un tiempo específico (5 - 6 min.) está determinado por la capacidad de mantener un alto nivel de consumo de oxígeno con un ritmo estable. (Mc Ardle)

El VO<sub>2</sub> no es la única variable que determina el rendimiento en carreras de fondo. Factores como el peso corporal y el porcentaje de grasa corporal, la eficiencia de la carrera y el porcentaje de la capacidad aeróbica del sujeto que puede mantenerse sin acumular ácido láctico contribuye de manera significativa a poder realizar una carrera con éxito. (Mc Ardle)

Esto dio pie a una prueba de rendimiento en campo para evaluar la condición aeróbica de los militares, el objetivo de ésta prueba era correr tan lejos como fuese posible en 15 minutos. En 1968 Cooper acortó el tiempo a 12 minutos. En estudios originales Cooper observó una correlación alta entre VO<sub>2</sub> máximo de los soldados de la fuerza aérea y la distancia que podían correr en 12 min.

Registró un coeficiente de correlación aparentemente alta entre la distancia cubierta en la carrera y el VO<sub>2</sub> máximo. en 47 hombres que variaban en edad 17 a 54 años, de peso corporal de 52 a 123 Kg. y VO<sub>2</sub> máximo. de 31 a 59 ml/kg./min. Se han realizado otro tipo de pruebas por diferentes investigadores y ninguno ha encontrado un coeficiente de correlación tan alto entre la distancia recorrida y el VO<sub>2</sub> máximo. ( $r = 0.90$ )

Pruebas más comunes para estimar el VO<sub>2</sub> máximo Utilizan la frecuencia cardiaca del ejercicio ó la registrada inmediatamente después del ejercicio con un régimen de ejercicio submáximo en cicloergómetro, tapiz rodante ó el escalón. Estas pruebas utilizan la relación lineal entre la frecuencia cardiaca y el consumo de oxígeno para varias intensidades de ejercicio.



La frecuencia cardiaca varia en pruebas submaximas en aproximadamente 35 latidos por minutos al realizar las mismas pruebas al mismo individuo con un día de diferencia.

Al realizar una prueba la frecuencia cardiaca al primer minuto de realizar el ejercicio empieza a aumentar rápidamente, después presenta un periodo de meseta y permanece estable durante el ejercicio de aproximadamente 3 minutos y se ha visto que al termino de esté la persona sedentaria disminuye más lentamente la frecuencia cardiaca teniendo así un periodo de recuperación más lento comparado al sujeto entrenado en la cual la frecuencia cardiaca disminuye en forma rápida; de tal forma que en el primer minuto después de haber terminado el ejercicio la frecuencia cardiaca disminuye rápidamente, después es más gradual pero después dos minutos llegan a la frecuencia cardiaca de reposo. Estos resultados se revisan en tablas ya establecidas para estimar la cantidad de VO<sub>2</sub>max. de cada individuo dependiendo de la frecuencia cardiaca alcanzada en el esfuerzo.

En la prueba del escalón se realizó un comparativo en las tablas en las cuales aparece la frecuencia cardiaca de recuperación en la cual se observo que a mayor frecuencia cardiaca en la recuperación es menor la cantidad del VO<sub>2</sub> máximo.

- Hombres VO<sub>2</sub> máximo =  $111.33 - (0.42 \times \text{frecuencia de pulso en la prueba de escalón lat/min})$ .
- Mujeres VO<sub>2</sub> máximo =  $65.81 - (0.1847 \times \text{frecuencia de pulso en la prueba de escalón lat/min})$ .

Este método da una estimación del VO<sub>2</sub> máximo tan buena como la obtenida con otras pruebas submaximas que requieren un ejercicio sobre el tapiz rodante o el cicloergómetro, incluyendo la prueba conocida de Astrand- Ryming.



**Clasificación Percentil de la Frecuencia Cardiaca de Recuperación y Consumo de Oxígeno Máximo Estimado para Estudiantes Universitarios Masculinos y Femeninos**

<b>Clasificación Percentil</b>	<b>FC de recuperación femeninas</b>	<b>VO2estimado ml./Kg./min.</b>	<b>FC de recuperación en hombres</b>	<b>VO2estimado ml./Kg./min.</b>
100	128	42.2	120	60.9
95	140	40	124	59.3
90	148	38.5	128	57.6
85	152	37.7	138	54.2
80	156	37	140	52.5
75	158	36.6	144	50.9
70	160	36.3	148	49.2
65	162	35.9	149	48.8
60	163	35.7	152	47.5
55	164	35.5	154	46.7
50	166	35.1	156	45.8
45	168	34.8	160	44.1
40	170	34.4	162	43.3
35	171	34.2	164	42.5
30	172	34	166	41.6
25	176	33.3	168	40.8
20	180	32.6	172	39.1
15	182	32.2	176	37.4
10	184	31.8	178	36.6
5	196	29.6	184	34.1

## 5.2 CONCLUSIONES

Es rechazada la hipótesis nula, por lo consiguiente se acepta la hipótesis propuesta en el presente estudio, encontrando una correlación linear múltiple para banda de 0.831 y en el caso de la bicicleta de 0.774 con las variables independientes "porcentaje de masa grasa relativa" y "edad". En el caso de la correlación linear simple, la hipótesis nula es aceptada, ya que las resultantes obtenidas son inferiores a 0.700, de igual manera las correlaciones lineares múltiples para la variable independiente "peso corporal".

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación llegamos a la conclusión que de una forma sencilla, al alcance de cualquier persona relacionada en mayor o menor medida con el deporte, podemos obtener las variables necesarias con un simple interrogatorio medico dirigido, realizando diferentes mediciones en el consultorio podemos predecir la cantidad máxima de oxígeno de un individuo.

Se concluye con la recomendación de utilizar las fórmulas presentadas a fin de calcular el  $VO_2/Kg.$  máximo a través de las variables antropométricas descritas. La utilización de la variable Edad, en vez de Peso Corporal, aumenta en forma considerable el Coeficiente de Correlación, disminuyendo la Varianza de la Regresión al calcular el  $VO_2/Kg.$  Máximo.



### 5.3 RECOMENDACIONES

El presente trabajo y los resultados obtenidos nos dan la pauta para realizar algunas recomendaciones que en el futuro tengan mejores resultados para que nuestros compañeros relacionados con el deporte quienes no cuenten con un laboratorio equipado para realizar una prueba de esfuerzo, tengan herramientas para poder predecir el consumo máximo de oxígeno en atletas del sexo masculino que fue la población principalmente estudiada en nuestro trabajo y de allí partir para poder realizar un programa deportivo individualizado.

Realizar el estudio en la población femenina para tener así una opción para el personal que maneja el área femenil

Realizar el estudio por un tiempo más prolongado.

Realizar este mismo estudio pero con más variables que tengan una correlación mejor o igual que la obtenida en el presente trabajo.

Difundir los resultados de la presente investigación de tal forma que mayor cantidad de gente tenga conocimiento de que al realizar un ejercicio dosificado partiendo que mediante una sencilla formula podemos obtener información de la capacidad aeróbica de un individuo; así poder realizar un programa de ejercicio físico en forma individualizada.

## BIBLIOGRAFIA

1. Oriani G, Marroni A, Wattel F. Manual de Medicina Hiperbárica. Instituto Ortopédico Galeazzi. Milán: 1995.
2. Priestley J. The discovery of oxygen (1775). Alembic Club Reprints No. 7. University of Chicago Press. Chicago: 1906.
3. Sienko MJ y Plane RA. Química. Edición Revolucionaria, La Habana. 1967.
4. Beddoes T, Watt J. Considerations of the medicinal use of factitious airs, and on the manner of obtaining them in large quantities. Decimoquinta Edición. Part II. Bristol: Bulgin and Rossier, 1794.
5. Bert P. La pression barometrique, recherches de physiologie experimental. Masson, Paris, 1877.
6. Smith U. The pathological effects due to increase of oxygen tension in the air breathed. J. Physiol. 1899.
7. Efuni, SN; Shpektor, VA. Gipoksicheskiye sostoianiya y ikh klassifikatsiya. (Estados hipóxicos y su clasificación). Anesteziologia y Reanimatologia 25(2): 3-12, URSS, 1981.
8. Karlson P, Pulido F. Manual de Bioquímica para Médicos, Naturalistas y Farmacéuticos. Editorial Marín, S. A. Barcelona, 1962.
9. Barreto Penié J. Programa de Intervención Alimentaria, Nutricional y Metabólica del paciente hospitalizado. Rev Cubana Aliment Nutr 1999;13(2):137-44.
10. Santana Porbén S. Barreto Penié J, Martínez González C. Control y aseguramiento de la calidad de las medidas de intervención alimentaria y nutricional. Rev Cubana Aliment Nutr 2000;14(2):141-9.
11. National Academy of Sciences. National Research Council. Publication No. 1298. Fundamentals of Hyperbaric Medicine. Washington DC. 1966.
12. Boerema I, Brummelkamp W H, and Meijne N G. Clinical application of Hyperbaric Oxygen. Elsevier Publishing Comp. First Edition. Amsterdam, 1964.



13. Kindwall E P. A History Hyperbaric Medicine. En: Hyperbaric Medicine Practice. Kundwall E P. Best Publishing Comp. 1 st . Ed. Flagstaff, Arizona, 1995.
14. Guyton AC. Tratado de Fisiología Médica. 7ma. Edición. Capítulos VII y VIII. Edición Revolucionaria, 1990.
15. Boerema I, Meijne N G, Brummelkamp W H, et al. Life without blood (A study of the influence of high atmospheric pressure and hypothermia on dilution the blood). J Cardiovasc Surg 1960.
16. Salinas, A. Papel biológico de los Radicales Libres. Medicina Subacuática e Hiperbárica. 3a. Edición. pág. 633-649. Instituto Social de la Marina, Madrid, España, 1995.
17. American Collage of Sport Medicine. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in healthy adults. Med. Sci. Sports Exerc. 30:957- 991, 1998
18. Astrand Per-Olof y Rodahl, K. (1985). "Fisiología del trabajo físico: Bases Fisiológicas del Ejercicio." Editorial Medica Panamericana. Segunda Edición. Pág. 116.
19. William D. McArdle, Frank I. Katch, Victor L. Katch. (2000) "Physiology to Exercise". Editor Eric Johnson, Lippincitt Williams & Wilkins. Pág. 160,363
20. José López Chicharro, Almudena Fernández Vaquero (1995), "Fisiología del Ejercicio" Pág. 209- 217 Capitulo Editorial medica Panamericana, S.A.
21. Richard W. Bowers, Eduard L. Fox. "Fisiología del Deporte" Editorial Medica Panamericana, Tercera Edición. Pág. 200-201.
22. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, American Collage of Sport Medicine (2005), Editorial Paidotribo Pág. 96,97.
23. Anderson O. The true effects of various workouts-and how to answer that key question-what do I do on Monday. Running Research News, 18, 5; 1 – 8, 2002.



24. Anderson O. On the threshold of something big: How intensely must you train to obtain benefit?. Running Research News, 18, 3: 1 - 4. 2002.
25. Costill D, Trappe S. Running—The Athlete Within. Traverse City, MI: Cooper Publishing Group. 2002.
26. Swain D, Franklin B. VO2 Reserve and the minimal intensity for improving cardiorespiratory fitness. Medicine and Science in Sports and Exercise, 34: 152 – 157 . 2002.
27. Bunge, Mario. La Investigación Científica, Su Estrategia y su Filosofía. Ariel, 8. Ed. 1981. España. ISBN: 84-344-39-12-3
28. Dawson, Beth. Trapo, Robert. Bioestadística Médica. Manual Moderno, 2005. 408 pp. México. ISBN: 970-729-134-6
29. Pagano, Marcello. Gauvreau, Kimberlee. Principles of Biostatistics. 2. Ed. Duxbury. 2000. USA. ISBN: 978-0-534-22902-3
30. Sachs, Lothar. Angewandte Statistik. Anwendung statistischer Methoden. 4. Springer Verlag. 1978. Berlin, Heidelberg, New York. ISBN 3-540-40555-0
31. Cárdenas Estrada, Eloy, Dr med: PROGRAMA DE CALCULOS ESTADISTICOS PARA COMPUTADORAS TIPO PERSONAL. XI Encuentro de Investigación Biomédica. Facultad de Medicina, U.A.N.L. Monterrey, México. 18 - 22.10.1993
32. Cárdenas Estrada, Eloy, Dr med., Ríos Briones, Nidia Isabel, Dra., Pérez García, José Alberto, LOD, MC., Almazán Sosa, Juana Aminta, Dra., Reyes Martínez, Carlos E, Dr, Cárdenas Montemayor, Eloy, Dr.: PROGRAMA MATEMÁTICO PARA CÁLCULO DE SENSIBILIDAD, ESPECIFICIDAD Y VALORES RELACIONADOS DE PRUEBAS DIAGNÓSTICAS, EN AMBIENTE EXCEL MICROSOFT ®. XXIII Congreso Nacional de Investigación Biomédica. Facultad de Medicina, U.A.N.L., Monterrey, México, 27-29.10.2005
33. Cárdenas Estrada, Eloy, Dr med., Ríos Briones, Nidia Isabel, Dra., Pérez García, José Alberto, LOD, MC., Reyes Martínez, Carlos E, Dr, González Villanueva, Carlos., Martínez Villa, Idalia Magali., Cárdenas Montemayor,



Eloy, Dr.: DESARROLLO DE PROGRAMA PARA EL CÁLCULO DE CORRELACIÓN Y COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ASÍ COMO SUS DESVIACIONES ESTÁNDAR E ÍNDICES DE CONFIABILIDAD PARA PLATAFORMA EXCEL MICROSOFT ®. XXIV Congreso Nacional de Investigación Biomédica y Horizontes de la Medicina. Facultad de Medicina, U.A.N.L., Monterrey, México, 29.08-01.09.2007





1125  
J.A.A.S.

CALCULO DE CONSUMO DE OXIGENO MAXIMO A TRAVES DE LAS VARIABLES: EDAD, PESO Y  
PORCENTAJE DE MASA GRASA CORPORAL EN DEPORTISTAS MASCULINOS DE 10  
A 74 AÑOS DE EDAD, DETERMINADO EN BICICLETA ERGOMETRICA Y BANDA SINFIN

125

2010